

Messung von Gehgeräuschen

Werner Scholl

Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), 38116 Braunschweig, E-Mail: werner.scholl@ptb.de

Einleitung

Bodenbeläge erzeugen unterschiedlich starke Geräusche, wenn sie "benutzt" werden, d.h. wenn darauf gegangen wird oder z.B. Gegenstände darauf fallen. Um Bodenbeläge danach einstufen zu können, wie laut sie sind, wurde für die europäische Normungsorganisation CEN ein entsprechendes Messverfahren entwickelt. Anders als beim so genannten "Trittschall" ist hier nicht das Geräusch im Raum unterhalb der fraglichen Decke gemeint, sondern in dem Raum, in dem der Belag verlegt ist und benutzt wird. Diese Art Geräusch wird bisher entsprechend dem englischen Mutterwort "walking noise" als "Gehgeräusch" bezeichnet, sollte aber, da die verbale Beschränkung auf Gehen ebenso wie beim "Trittschall" irreführend ist, lieber "Bodenbelagsgeräusch" heißen.

Definition des "Gehgeräuschs"

Wenn sich ein Gegenstand dem Bodenbelag nähert, sind mehrere Mechanismen an der Geräuscherzeugung beteiligt: Der fallende Gegenstand strahlt beim Aufprall selbst Schall ab. Er verdrängt zwischen sich und dem Boden Luft ähnlich dem Beifall-Klatschen der Hände. Der Gegenstand regt weiterhin den Bodenbelag direkt an und durch diesen hindurch auch die darunter liegende Rohdecke. Da die eigene Schallabstrahlung des anregenden Gegenstandes sowie die Luftverdrängung bei ebener Bodenoberfläche eher vom Gegenstand abhängen, wurden sie im Weiteren nicht in das "Gehgeräusch" einbezogen. In Form von Schalleistungen ist das "Gehgeräusch" daher so definiert:

$$P_{walk} = P_c + \frac{P_{ref,b}}{P_{FL,b}} \cdot P_{FL,c} \quad (1)$$

P_{walk} ist die Schalleistung des "Gehgeräuschs" und $P_{FL,c}$ die abgestrahlte Schalleistung der Rohdecke, wenn durch den Bodenbelag hindurch angeregt. Mit dem davorstehenden Quotienten aus der Schalleistung $P_{FL,b}$ der Decke bei Trittschall-Normhammerwerks-Anregung ohne Bodenbelag und der in ISO 717-2 gegebenen genormten Schalleistung $P_{ref,b}$ einer Bezugsdecke wird das Ergebnis von der besonderen Eigenart der verwendeten Labordecke unabhängig gemacht.

Das vorgeschlagene Messverfahren

Da es bereits ein genormtes Verfahren zur artverwandten Messung des Trittschallverbesserungsmaßes gibt (ISO 140-8), war es wünschenswert, wesentliche Elemente dieses Verfahrens auch für die "Gehgeräusche" zu übernehmen. Daher wurde vorgeschlagen, als Anregung weiterhin das Trittschall-Normhammerwerk und die schon in großer Zahl

vorhandenen Prüfstände nach ISO 140 zu verwenden. Diese bestehen aus zwei übereinander liegenden, mindestens 50 m³ großen Räumen, getrennt durch eine ca 140 mm dicke Stahlbeton-Decke. Vorteilhafterweise wird so in diffusen Schallfeldern mit einem stationären Anregesignal gemessen, sodass mit einer einfachen räumlichen und zeitlichen Mittelung stabile Ergebnisse gewonnen werden können.

Viele Hammerwerke tragen allerdings selbst merklich zum "Gehschall" bei. Ein großes Gehäuse zur ausreichenden Dämmung dieser Eigengeräusche kam nicht infrage, weil dadurch die Schallabstrahlung des Untersuchungsobjektes gestört worden wäre [1]. Andererseits ist die direkte Bestimmung des Hammerwerks-Eigengeräuschs zur nachträglichen Korrektur der gemessenen "Gehgeräusch"-Pegel sehr aufwändig, da sie für jeden Bodenbelag individuell durchzuführen ist, und der Belag dabei selbst keinerlei Schall abstrahlen darf.

Daher wurde hier ein ganz anderer Weg beschritten: Wird einmal im oberen Raum des Prüfstandes die gesamte Schalleistung bestimmt, wenn das Hammerwerk auf den vollflächigen Bodenbelag hämmert, und einmal, wenn es nur auf hammerflächen-großen Bodenbelags-Stückchen arbeitet, so bleibt in der Differenz nur der gesuchte Anteil P_c des Bodenbelags (Gl.1) übrig, das Hammerwerk fällt heraus (siehe Abb.1). Die beiden übrigen in Gl. 1 benötigten Schalleistungen lassen sich einfach im unteren Raum des Prüfstandes messen, während das Hammerwerk oben den Bodenbelag bzw. die Rohdecke direkt bearbeitet. Wird Gleichung 1 in Form der unmittelbar der Messung zugänglichen mittleren Schalldruckpegel dargestellt, wird daraus der Norm-Gehgeräuschpegel:

$$L_{n,walk,i} = 10 \log_{10} \left(\frac{0,16 \cdot V_{upper}}{A_0} \left(\frac{L_{i,with}}{10} \frac{L_{i,pads}}{10} - \frac{L_{i,ref,b}}{10} \frac{L_{i,pads}}{10} \right) \right. \\ \left. + \frac{L_{i,ref,b} + L_{i,FL,c} - L_{i,FL,b}}{10} \right) \quad (2)$$

$L_{i,with}$ und $L_{i,pads}$ sind die Schalldruckpegel im oberen Raum entsprechend Abbildung 1. $L_{i,ref,b}$, $L_{i,FL,c}$ und $L_{i,FL,b}$ sind die Schalldruckpegel entsprechend den Leistungen in Gleichung 1. V_{upper} ist das obere Raumvolumen, $T_{i,upper}$ sind die Nachhallzeiten im oberen Raum bei der Messung von $L_{i,with}$ bzw. $L_{i,pads}$. $A_0 = 10 \text{ m}^2$,

Es sind also lediglich die Gesamt-Schalldruckpegel unter den unterschiedlichen Bedingungen zu messen, ohne dass Pegelanteile im einzelnen bestimmt werden müssen. Als Endergebnis wird aus den Terzwerten in (2) der A-bewertete Schalldruckpegel $L_{nwalk,A}$ gebildet.

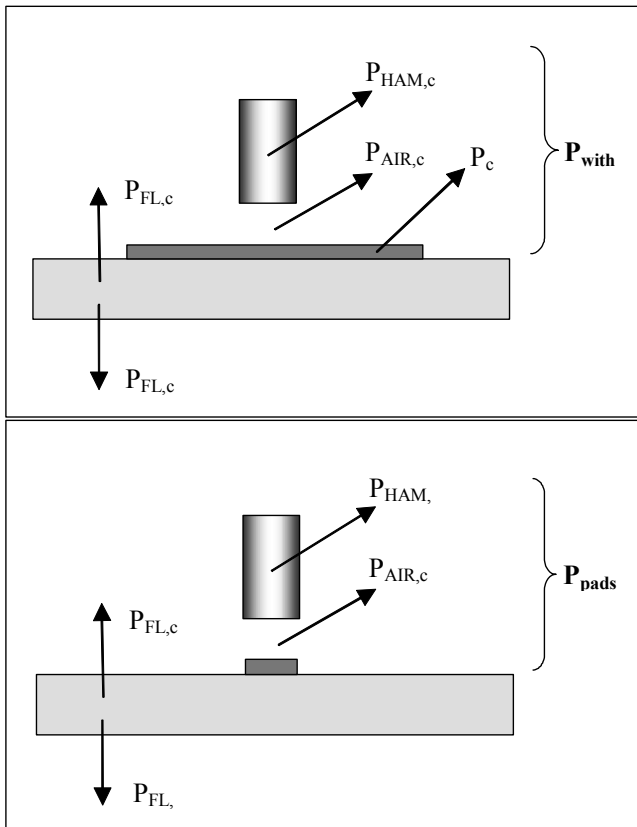


Abbildung 1: Schalleistungsanteile bei Hammerwerks-Anregung des großflächigen Bodenbelags bzw. eines kleinen Pads auf der Massivdecke. P_{with} und P_{pads} sind die Gesamtpegel im oberen Raum.

Unsicherheit des "Gehgeräuschs"

Als unsicher werden alle gemessenen Schallpegel und Nachhallzeiten angesehen. Die Unsicherheit $u_{walk,i}$ in der Terz i ergibt sich aus (2) gemäß

$$u_{walk,i} = \sqrt{\sum_j \left(\frac{\partial L_{n,walk}(X_j)}{\partial X_j} \cdot u(X_j) \right)^2} \quad (3)$$

X_j sind die mit "unsicheren" Größen auf der rechten Seite von Gl. 2 und $u(X_j)$ deren Unsicherheiten, für Pegelmessungen 0,4 dB und für Nachhallzeitmessungen 0,5 dB [2,3]. Analog berechnet sich aus den Unsicherheiten der Terzwerte die Unsicherheit des A-bewerteten "Gehgeräusch"-Pegels.

Erste Erfahrungen und Ausblick

In der PTB wurden Messungen an drei Bodenbelägen (Teppich, PVC und Laminat) mit jeweils drei verschiedenen Hammerwerken durchgeführt. Abbildung 2 zeigt beispielhaft die "Gehgeräusche" zweier Hammerwerke auf PVC. Die sehr großen Unsicherheitsbalken in einem Fall zeigen, dass das Hammerwerk dort zu laut war. Doch selbst in diesem Fall passen die Spektren noch gut zusammen und ebenso die A-Schallpegel (Abbildung 3). Beim Teppich führte das lauteste Hammerwerk erwartungsgemäß zu einer größeren Abweichung, die jedoch innerhalb der errechneten Unsicherheit lag. Es ist vorgesehen, einen Ringversuch durchzuführen. Das Messverfahren wurde als Entwurf in die europäische Normung eingebracht.

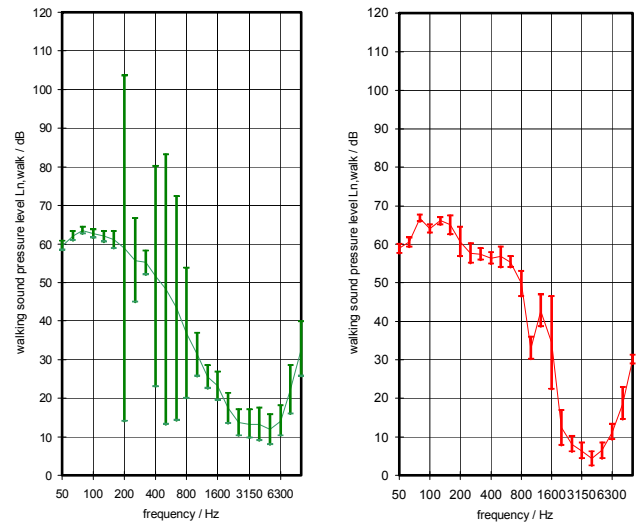
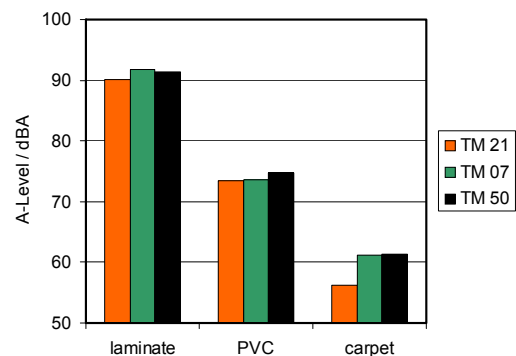


Abbildung 2: "Gehgeräusch"-Pegel mit Unsicherheitsbalken zweier Hammerwerke auf PVC



	laminat	PVC	carpet
TM 21	0,35	1,67	7,93
TM 07	0,34	0,69	0,72
TM 50	0,30	0,50	2,38

Abbildung 3: A-bewertete "Gehgeräuschpegel" dreier Bodenbeläge mit drei verschiedenen Hammerwerken (TM) gemessen. Unten: Unsicherheit des A-Schallpegels in dB

Danksagung

Danke an meine Kollegin Sylvia Stange-Kölling, und die Kollegen Heinrich Bietz und Volker Wittstock für Messergebnisse und theoretische Unterstützung

Literatur

- [1] Scholl, W.: Side effects of the tapping machine, DAGA 2009
- [2] Wittstock, V.; Bethke, C. On the uncertainty of sound pressure levels determined by third-octave band analyzers in a hemianechoic room. Proceedings of Forum Acusticum 05, CDROM, Budapest, 2005
- [3] Wittstock, V.; Quantitative Kriterien für die Verwendbarkeit bauakustischer Messergebnisse und für die bauaufsichtliche Anerkennung von Prüfstellen für bauakustische Messungen nach den neuen europäischen Messnormen. Abschlussbericht zum gleichnamigen DIBt-Projekt, Braunschweig, November, 2004